



⑪ Numéro de publication : 0 550 426 A1

⑫

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

⑳ Numéro de dépôt : 93400002.7

⑤① Int. Cl.⁵ : H02H 6/00, H02H 7/08

㉔ Date de dépôt : 04.01.93

㉓ Priorité : 03.01.92 FR 9200029

④③ Date de publication de la demande :
07.07.93 Bulletin 93/27

⑧④ Etats contractants désignés :
DE ES GB IT SE

㉑ Demandeur : VALEO ELECTRONIQUE
12-14, Rue Jean Bart
F-78960 Voisins-Le-Bretonneux (FR)

㉒ Inventeur : Desrus, Dany
28 rue du Colonel Rozanoff
F-75012 Paris (FR)

㉔ Mandataire : Gamonal, Didier et al
VALEO MANAGEMENT SERVICES Propriété
Industrielle, " Le Triangle " 15 rue des Rosiers
F-93585 Saint-Ouen Cédex (FR)

⑤④ Procédé et dispositif de contrôle thermique d'un moteur électrique embarqué à bord d'un véhicule et application à un système de direction assistée.

⑤⑦ La présente invention concerne un procédé et un dispositif de contrôle thermique d'un moteur électrique embarqué à bord d'un véhicule, le moteur électrique étant une partie d'un actionneur électromécanique de véhicule. Elle trouve application notamment pour un système de direction assistée.

L'invention permet de réaliser une phase de surveillance du refroidissement du moteur électrique non alimenté qui produit une valeur de température de redémarrage. Cette valeur est exploitée lors d'une phase de contrôle thermique du moteur électrique alimenté qui interdit le dépassement d'une température maximale admissible.

Application aux actionneurs embarqués comme des directions assistées.

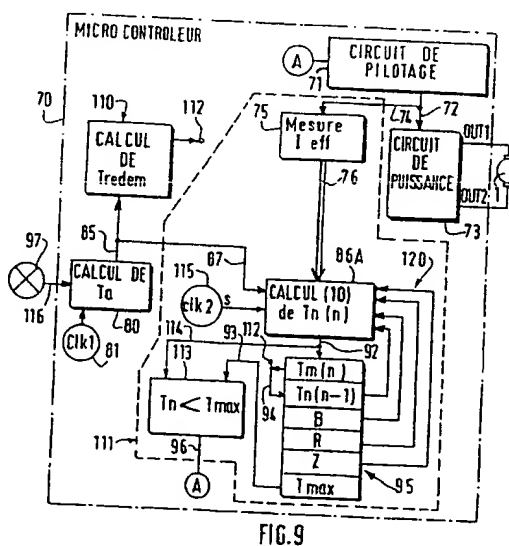


FIG.9

EP 0 550 426 A1

La présente invention concerne un procédé et un dispositif de contrôle thermique d'un moteur électrique embarqué à bord d'un véhicule, le moteur électrique étant une partie d'un actionneur électromécanique de véhicule. Elle trouve application notamment pour un système de direction assistée.

Les actionneurs embarqués à bord des véhicules sont soumis à des environnements en température qui varient d'une zone à l'autre dans le même véhicule.

D'autre part, on sait que les moteurs électriques dissipent de l'énergie par effet Joule dans leurs enroulements, surtout quand ils sont en charge mécanique. A la limite, quand le rotor du moteur est bloqué par une charge mécanique trop importante, le moteur alimenté en courant continu se comporte largement comme une résistance.

Les moteurs électriques sont très souvent équipés de dispositifs de découplage thermique qui détectent un dépassement excessif de la température de sécurité du moteur lors de son fonctionnement. De tels dispositifs comportent par exemple des dispositifs bilames qui interrompent l'alimentation du moteur électrique, par exemple.

Cependant, ces dispositifs, pour nécessaires qu'ils soient, ne détectent pas vraiment les variations d'environnement, et travaillent de plus de manière statique. En particulier, ils ne détectent que des valeurs moyennes à relativement long terme.

D'autre part, l'ouverture du relais, qui connecte le moteur électrique à son alimentation, est commandée de façon brutale. Cette caractéristique est un inconvénient quand on veut éviter un choc dans l'entraînement par l'actionneur dans lequel le moteur électrique est installé. Ainsi, quand l'actionneur fonctionne de façon continue, les systèmes de contrôle thermique selon l'art antérieur introduisent une discontinuité qui déqualifie l'actionneur.

En outre, quand les actionneurs sont embarqués à bord d'un véhicule, le refroidissement du moteur électrique présente une loi sensiblement exponentielle avec une constante de temps de refroidissement caractéristique. En effet, quand le conducteur du véhicule à bord duquel le moteur électrique est embarqué, coupe l'alimentation générale en tournant la clé d'allumage, le moteur électrique, relié à l'alimentation générale du véhicule, alors interrompue, se refroidit lentement. Dans un exemple typique, il passe de sa température de fonctionnement nominal (150° dans un exemple) à la température ambiante (20°) en trente minutes environ. Si le redémarrage du véhicule, ou la demande d'utilisation du moteur électrique, a lieu avant l'écoulement de cette durée de retour à la température ambiante, le contrôle thermique du moteur ne part pas d'un état initial déterminé.

C'est aussi le cas quand un contrôleur électronique demande l'arrêt de l'alimentation de l'actionneur.

Dans un système de direction assistée, selon les

situations de conduite et/ou les attitudes du véhicule, les demandes de braquage des roues directrices sont interprétées par un calculateur électronique qui contrôle l'alimentation électrique d'un moteur qui sert de source d'énergie mécanique. Si la charge thermique du moteur électrique atteint une valeur trop forte, une protection thermique classique comme un bilame, entraîne une rupture brutale de l'assistance de direction. De ce fait, le conducteur recevrait un choc sur la colonne de direction qui serait préjudiciable.

La présente invention fournit un nouveau moyen pour remédier à ces inconvénients de l'art antérieur.

En effet, l'invention concerne un procédé de contrôle thermique d'un moteur électrique embarqué à bord d'un véhicule qui se caractérise en ce que on réalise selon l'état de fonctionnement du moteur électrique :

- une étape de surveillance thermique du moteur électrique non alimenté, au cours de laquelle on réalise un calcul de la température du moteur, en tant que source de chaleur, sur la base d'une mesure de la température ambiante de l'environnement du moteur, en tant que milieu dissipatif de la chaleur produite par le moteur, pour produire une valeur de température de redémarrage du moteur électrique ;
- une étape de contrôle thermique du moteur électrique alimenté par estimation d'une condition d'arrêt de l'alimentation électrique du moteur sur la base d'un autre calcul de la température instantanée du moteur, de la mesure de la température ambiante, de ladite valeur de redémarrage, et de la mesure du courant efficace traversant les enroulements du moteur, de façon à protéger le moteur électrique et/ou son environnement d'une élévation de température trop importante.

Dans un mode de réalisation, l'étape de surveillance thermique et/ou l'étape d'estimation d'une condition d'arrêt est exécutée à des instants prédéterminés et répétés.

Dans un mode de réalisation, la température du moteur est mesurée sur la source principale de chaleur du moteur électrique, comme le bobinage du moteur électrique.

Dans un mode préféré de réalisation, la température du moteur est mesurée à l'aide du courant traversant le bobinage, source de chaleur.

L'invention concerne aussi un dispositif de contrôle thermique d'un moteur électrique, caractérisé en ce qu'il comporte :

- un organe de mesure de la température instantanée du moteur ;
- un organe de mesure de la température ambiante du moteur ;
- un organe de mesure de la température de redémarrage du moteur avant que le moteur ne soit alimenté ;

- un moyen de comparaison de la dite température du moteur et de la dite température ambiante à une condition d'arrêt du fonctionnement du moteur, pré-enregistrée, de façon à produire un signal d'arrêt de l'alimentation électrique du moteur ;
- un moyen de connexion de l'alimentation électrique au moteur électrique, sensible au dit signal d'arrêt.

L'invention trouve application pour un système de direction assistée, du type comportant un moteur électrique générateur d'une énergie mécanique d'assistance de braquage, caractérisé en ce qu'il comporte un dispositif de contrôle thermique tel que défini ci-dessus, et en ce que le moyen de connexion comporte un élément générateur d'une gradualité dans l'arrêt et/ou la remise en marche dudit système de direction assistée.

Selon un autre aspect de l'invention, la partie de surveillance thermique du moteur se prolonge pendant une durée déterminée à partir de l'arrêt du fonctionnement du moteur électrique et la partie de contrôle thermique du moteur électrique alimenté par estimation d'une condition d'arrêt est activée dès la demande de mise en fonctionnement du moteur de façon à protéger le moteur électrique dès sa mise en fonctionnement.

D'autres avantages et caractéristiques de la présente invention seront mieux comprises à l'aide de la description et des dessins qui sont :

- la figure 1 : une représentation schématique du système thermique constitué par le moteur électrique et son environnement ;
- la figure 2 : un graphe représentant les échanges thermiques du système thermique selon l'analyse de l'invention ;
- la figure 3 : un graphe représentatif de la loi de refroidissement du moteur selon l'analyse de l'invention ;
- la figure 4 : un premier mode de réalisation d'un circuit électronique permettant de déterminer une température de redémarrage du moteur ;
- la figure 5 : un second mode de réalisation d'un circuit électronique permettant de déterminer une température de redémarrage du moteur ;
- les figures 6 à 8 : un schéma d'un troisième mode de réalisation d'un circuit électronique permettant de déterminer une température de redémarrage du moteur, ainsi que deux graphes pour expliquer son fonctionnement ;
- les figures 9 et 10 : deux modes de réalisation d'un contrôleur thermique selon l'invention destiné à exécuter la partie de contrôle thermique du moteur électrique alimenté ;
- les figures 11 et 12 : un schéma d'un mode de réalisation d'un circuit de mesure de la température ambiante ainsi qu'un graphe représenta-

tif du signal de mesure en fonction de la température ambiante ;

- la figure 13 : des diagrammes de fonctionnement d'un mode de réalisation d'un contrôleur thermique selon l'invention permettant de réaliser un hystérésis lors du réenclenchement de l'alimentation du moteur électrique après dépassement d'une température limite de fonctionnement ;
- la figure 14 : un schéma d'un mode de réalisation d'un contrôleur thermique fonctionnant avec un hystérésis de réenclenchement ;
- la figure 15 : un schéma d'un mode de réalisation d'un système de direction assistée ;
- la figure 16 : un schéma d'un mode de réalisation d'un contrôleur doté de moyens destinés à fournir une gradualité dans l'application des ordres de protection thermique issus du contrôleur de l'invention ;
- la figure 17 : des diagrammes d'un cycle de fonctionnement du système de la figure 16.

A la figure 1, on a représenté un système thermique constitué par le moteur électrique et son environnement. Cet environnement peut être celui d'un véhicule. Le moteur peut y être disposé dans des zones dont l'état thermique varie de façons différentes. En effet, le moteur électrique peut être disposé dans le compartiment dans lequel est disposé le moteur de propulsion du véhicule et où règne une température et des échanges thermiques très importants. Il peut être disposé dans l'habitacle du véhicule où les échanges sont plus mesurés, notamment quand l'habitacle est climatisé.

Le moyen de l'invention permet de s'adapter à ces différentes situations.

Le moteur électrique 1 est relié par des fils électriques 4 à un contrôleur d'alimentation 2 qui lui transmet de l'énergie électrique provenant d'une source d'énergie électrique 3 selon des lois de fonctionnement qui ne sont pas directement concernées par la présente invention et ne seront pas décrites plus avant.

Le moteur électrique 1 est monté par des supports 5 et 6 conducteurs de la chaleur, sur une structure 7 comme le châssis du véhicule. L'ensemble constitue l'environnement thermique de fonctionnement du moteur électrique, environnement qui comporte en particulier les veines d'air de refroidissement, etc. Le moteur 1 présente une température T_m tandis que l'environnement 8 présente une température ambiante T_a . Les échanges thermiques sont représentés par Q .

On conçoit qu'une analyse rigoureuse des échanges thermiques conduirait en théorie à un contrôle thermique parfait. Un tel contrôle thermique qui se fonderait sur la connaissance des résistances thermiques entre les différentes parties du système thermique et sur la mesure des échanges sur chaque

voie d'échange thermique permettrait d'atteindre un tel résultat.

Cependant, l'invention propose un moyen moins coûteux en puissance de calcul et qui permet d'adapter facilement l'invention à des environnements très variés.

L'invention part d'une analyse mieux adaptée à sa réalisation fiable avec des moyens peu coûteux. En effet, le moteur électrique 1 présente des caractéristiques déterminées par avance au point de vue thermique. En particulier, une fois installé dans le véhicule, il supporte une température ambiante maximale donnée. En fonction du courant moteur qui le traverse, la température du moteur augmente. Or, cette élévation de température doit être limitée à une valeur admissible, notamment pour des raisons de tenue mécanique.

A la figure 2, on a représenté une courbe représentative des échanges thermiques Q (en ordonnées) en fonction du courant traversant le moteur électrique Im (en abscisses) pour des intervalles de temps prédéterminés et dans un environnement donné. Quand le courant moteur Im est inférieur à une valeur d'équilibre thermique I1, le moteur électrique cède sa chaleur au milieu ambiant.

Quand le courant moteur Im dépasse la valeur d'équilibre I1, le moteur s'échauffe. De ce fait, sa température interne Tm augmente et peut atteindre selon les conditions thermiques une température dépassant sa température maximum admissible. Dans la pratique, pour un moteur à courant continu de puissance électrique inférieur au kilowatt, cette température maximum admissible est de l'ordre de 150°C déterminée par la tenue de l'isolant des fils du bobinage source de chaleur dans le moteur électrique.

A la figure 3, on a représenté le refroidissement du moteur quand il cesse d'être alimenté. Quand le courant moteur est nul, le moteur électrique cède sa chaleur au milieu ambiant selon une loi exponentielle avec une constante de temps qui dépend de paramètres locaux. On a représenté en ordonnées la température du moteur, et en abscisses, le temps écoulé depuis la coupure de l'alimentation électrique en minutes.

Le refroidissement du moteur présente une constante de temps de refroidissement du moteur dans son environnement qui est connue par avance. La variation de température du moteur est directement liée à la durée de refroidissement par une relation de la forme :

$$T_m - T_a = K \exp[-(1/A)(t - t_0)] \quad (1)$$

où K est une constante caractéristique du système constitué par le moteur électrique et son ambiance, A est la constante de temps de refroidissement, t0 est la date de début de refroidissement, t est la date en cours, Tm la température instantanée du moteur électrique en cours de refroidissement et Ta est la température ambiante instantanée. La tempé-

rature du moteur électrique part de la valeur (Tm, max) à la date t0. Cette valeur est la dernière valeur estimée lors de la partie de contrôle thermique, qui sera décrite plus loin, et enregistrée dans une mémoire de travail convenable, ladite mémoire de travail étant au moins pour l'adresse contenant la température (Tm, max) sauvegardée à la coupure de l'alimentation électrique.

A et K sont des valeurs obtenues par mesures préalables sur le moteur électrique, en fonction du véhicule et de la place dans le véhicule dans lequel il est destiné à être monté.

D'autres lois de refroidissement peuvent être exploitées selon les cas et les technologies de moteurs électriques ainsi que selon leur environnement.

Dans l'analyse qui précède, on constate que l'invention comporte deux phases distinctes. Dans une première phase, le moteur est alimenté et son bilan thermique est surveillé de façon à empêcher qu'une température maximale admissible soit dépassée ainsi qu'il sera décrit plus loin. Dans une seconde phase, le moteur électrique se refroidit pendant une durée qui dépend de la température maximum (Tm, max) atteinte par le moteur et de ses caractéristiques K et A, et de la température ambiante Ta.

Selon l'invention, si le moteur électrique démarre à nouveau avant que la température ambiante soit atteinte par le moteur, le contrôleur thermique de l'invention utilise comme première valeur de la température moteur Tm la valeur atteinte à cet instant de redémarrage lors du refroidissement. Pour un moteur donné, cette température de redémarrage est connue par la durée de refroidissement, c'est à dire la durée pendant lequel le moteur n'est pas alimenté.

Dans un mode de réalisation, la température de redémarrage est déterminée de façon approchée par un circuit électronique dont l'état de la sortie change à des périodes t0, t1, t2, t3, t4 en nombre limité.

Si le moteur électrique est destiné à être utilisé avec des durées de non fonctionnement ou bien très courtes, ou bien très longues, il suffit de connaître la durée de non fonctionnement de façon approchée.

Par exemple, tant que la durée t2 n'est pas écoulée, la sortie du circuit électronique déterminant la température de redémarrage rest à un premier état, tandis que dès que cette durée est écoulée, elle prend un second état.

Un tel circuit est réalisé à l'aide d'une mémoire non volatile, au moins pendant la dite durée t2, qui enregistre la température maximum (Tm, max) atteinte par le moteur au moment de son interruption, et par une horloge programmable dont la durée de déclenchement est égale à la durée (t2 - t0).

Un tel circuit est représenté à la figure 4. Un tel circuit permet de ne conserver une consommation électrique que sur la fonction de surveillance du refroidissement dans le contrôleur du moteur électrique. Cette consommation électrique peut être tirée de

batteries électriques "longue durée" ou rechargeables quand le reste du contrôleur est alimenté. Dans un mode préféré de réalisation, le circuit électronique tire son énergie de la batterie +BAT embarquée à bord du véhicule. Cette tension électrique +BAT est transmise par une résistance 14 à un circuit régulateur 15, constitué d'un condensateur 16 et d'une diode Zener 17. Le circuit électronique de détermination de la température de redémarrage du moteur comporte un circuit 18, constitué d'une résistance 19 et d'un condensateur 20 qui présente une base de temps unitaire, le circuit 18 servant à fixer l'intervalle de temps programmable d'un circuit 21 dit horloge programmable. Un tel circuit 21 est constitué par un circuit Motorola MC 14541B. D'autre part, un circuit 30 permet de générer une impulsion sur le fil 29 connecté à l'entrée MR (Master reset) du circuit 21 qui permet de démarrer le comptage du nombre d'unités de base de temps écoulées depuis la coupure de l'alimentation du moteur +APC. Le circuit 30 comporte, à partir du +APC, un pont diviseur de deux résistances 10 et 11, un transistor 12 de commutation, dont l'émetteur est mis à un potentiel comme la masse et dont le collecteur est placé à une première borne d'un condensateur 31 dont l'autre borne est connectée à une résistance 32 et à la ligne 29 précitée.

Quand l'alimentation +APC est coupée, seul le circuit de détermination de la température de redémarrage est alimenté par la tension +BAT. Une impulsion apparaît sur la ligne 29 qui démarre le comptage des unités de temps déterminées par le circuit 18.

La ligne 23 permet de fixer le nombre d'unités de temps que le circuit 21 doit compter. Quand le temps, correspondant à la durée $t_2 - t_0$ de la figure 3, est écoulé, la sortie Q26 du circuit 21, transmise au contrôleur thermique 34, passe à la valeur "1" indiquant que cette durée s'est écoulée.

D'autre part, le circuit de détermination de la température de redémarrage comporte un registre 33, dont l'entrée WR d'écriture reçoit en permanence la température de fonctionnement du moteur T_m quand ce dernier est alimenté par une sortie convenable OUT du contrôleur thermique 34. Lors de la période de refroidissement, le contrôleur est inactif, mais le registre 33 maintient son information de température moteur T_m qui est en fait la dernière température moteur enregistrée (T_m, \max) de la figure 3.

Le circuit de détermination de la température de redémarrage est le seul organe de l'invention qui soit alimenté par la tension +BAT et déroule la séquence de comptage du circuit 21. Tant que cette durée ($t_2 - t_0$) n'est pas écoulée, la sortie Q reliée par la ligne 29 à une entrée IN2 du contrôleur thermique 34 reste à la valeur "0".

Si un ordre de redémarrage survient, la tension +APC remonte à sa valeur maximum, ce qui active le contrôleur thermique 34. Le programme implanté dans le contrôleur thermique 34, qui sera décrit plus

avant, lit alors sur un port IN1 la valeur enregistrée dans le registre 33 à titre de température de redémarrage du moteur, car son entrée IN2 reliée à la ligne 29, lui transmet une valeur "0" indiquant que la durée ($t_2 - t_0$) n'est pas écoulée. Le circuit 21 d'horloge programmable est désélectionné.

Si la durée ($t_2 - t_0$) initialement programmée par les lignes 23 sur le circuit 21 est écoulée, la sortie Q du circuit 21 change d'état et le contrôleur 34 est activé plus tard. Il lit sur son entrée IN2 la valeur "1" de la ligne 29 lui indiquant que la durée ($t_2 - t_0$) est écoulée. Il ne lit pas alors le registre 33, mais considère que la température moteur de redémarrage est égale à la température ambiante T_a .

Dans un autre mode de réalisation représenté à la figure 5, plusieurs circuits 21a, 21b, 21c, ... identiques au circuit 21, sont connectés de la même manière sur un circuit de détection de coupure de l'alimentation électrique du moteur 30, un régulateur commun 15 ainsi qu'une base de temps commune 18. Chacune de leurs entrées de programmation 23a, 23b, 23c, ... est programmée pour des durées respectivement ($t_1 - t_0$), ($t_2 - t_0$), ($t_3 - t_0$), ... (voir figure 3). En fonction des durées écoulées, le microcontrôleur 34 reçoit, sur des entrées IN2a, IN2b, IN2c, ... dédiées à cet effet, les signaux A2a, A2bn A2c, ... des sorties Qa, Qb, Qc, ... des N horloges programmables réglées sur les durées successives. En fonction du numéro a, b, c, ... du circuit d'horloge programmable 21a, 21b, 21c, ... qui a changé d'état, le contrôleur 34 synthétise à l'aide d'une table de valeurs enregistrées dans sa mémoire interne 37 la valeur T_1, T_2, T_3, \dots de la température moteur de refroidissement selon la loi exponentielle (voir figure 3).

Cette température de refroidissement calculée est alors utilisée à titre de température de redémarrage du moteur ainsi qu'il sera expliqué plus loin.

Dans un autre mode de réalisation représenté à la figure 6, le microcontrôleur thermique du moteur est alimenté au moins pendant une durée de refroidissement, de façon à suivre les évolutions de la température de refroidissement à l'aide d'un programme enregistré. Cette durée de surveillance des évolutions thermiques est arrêtée quand le microcontrôleur thermique détecte que la température du moteur T_m a atteint la température ambiante.

A la figure 6, le circuit électronique permettant de déterminer une température de redémarrage du moteur comporte principalement le microcontrôleur thermique 40 qui est alimenté par l'intermédiaire d'un circuit générateur 41 d'une tension régulée V_{dd} connecté à la borne de tension positive +BAT de la batterie du véhicule par l'intermédiaire d'un interrupteur commandé 42.

L'interrupteur commandé peut être un transistor de commutation ou un relais. Il peut être du type monostable ou bistable ainsi qu'il est connu.

Le circuit électronique permettant de déterminer

une température de redémarrage du moteur comporte aussi une porte OU logique 45 dont une première entrée 46 est connectée à la ligne +APC d'alimentation commandée ou de requête de fonctionnement du moteur électrique 1, ledit moteur électrique 1 étant connecté entre les bornes de sortie programmées OUT1 et OUT2 du contrôleur 40. Une seconde entrée 47 de la porte OU 45 est connectée à une sortie programmée OUT du contrôleur 40 et dont la sortie est haute tant que le microcontrôleur est dans une phase de surveillance thermique.

La première entrée 46 de la porte OU 45 est aussi connectée par une ligne 49 à l'entrée d'un circuit 48 détectant le changement d'état de la ligne +APC. La sortie du circuit 48 est connectée à une entrée d'analyse IN1 du microcontrôleur dans lequel un programme scrute les entrées de façon à exécuter les traitements prédéterminés.

La sortie 44 de la porte OU 45 est connectée à la borne de commande 43 de l'interrupteur commandé 42.

Quand la ligne +APC est désactivée à l'instant t_0 , par exemple après coupure de l'alimentation générale du véhicule quand le conducteur a tourné la clé de contact, ou quand la fonction appelante de puissance motrice générée par le moteur 1 demande une cessation de l'alimentation du moteur 1, l'entrée 46 de la porte OU 45 passe à "0". Mais la seconde entrée 47 reste au niveau "1", car le microcontrôleur 40 est programmé pour maintenir sa sortie OUT à "1" tant que la phase de surveillance thermique n'est pas terminée, c'est à dire, tant que la température moteur n'a pas atteint la valeur T_a de la température ambiante.

A la figure 7, on a représenté des graphes (a), (b), (c) et (d) de fonctionnement du microcontrôleur lors de cette phase de surveillance thermique pendant l'arrêt du moteur.

A l'instant t_0 , une impulsion 51 a lieu sur l'entrée IN1, la sortie OUT restant à "1". Les sorties de puissance OUT1 et OUT2, entre lesquelles le moteur 1 est connecté, sont donc interrompues (fronts descendants 52 du graphe (c) de la figure 7) par le microcontrôleur 40.

Le refroidissement du moteur représenté au graphe (d) de la figure 7 commence. Ce refroidissement est simulé dans le microcontrôleur 40 par une boucle de calcul qui exécute, en fonction du temps indiqué par une horloge interne au microcontrôleur et non représentée, le calcul de la température T_m estimée du moteur lors de son refroidissement selon la relation (1) précitée par :

$$T_m = T_a - K \exp[-(1/A)(t - t_0)] \quad (1')$$

La valeur (T_m , max) correspond à la température atteinte par le moteur à la date t_0 . La courbe de refroidissement 53 du graphe (d) de la figure 7 est identique à celle de la figure 3 et ne sera pas décrite plus.

Si la ligne +APC change d'état avant que la température ambiante T_a ne soit atteinte, par exemple à

la date t_1 (impulsion 53 sur la ligne (a)), selon les conditions de redémarrage pré-enregistrées dans le microcontrôleur, la température atteinte par le moteur est T_1 qui est supérieure à la température ambiante.

Dans un mode de réalisation, la température ambiante est mesurée par une sonde de mesure 50 (figure 6) dont la sortie émet un signal de mesure fourni à une entrée IN2 du microcontrôleur 40 qui numérise et stocke périodiquement cette donnée dans une adresse d'une mémoire de travail (non représentée) du microcontrôleur 40. Cette adresse sera lue lors de la phase de contrôle thermique, le moteur électrique 1 étant alimenté et qui sera expliqué plus loin.

La sonde de température ambiante 50 doit être lue en permanence pendant la phase de surveillance thermique, même pendant le simple refroidissement du moteur électrique, car selon les sources de chaleur liées directement ou non à l'environnement du moteur (soleil, moteur thermique, etc...) cette température ambiante peut évoluer dans des proportions importantes.

A la figure 8, on a représenté deux cas 70 et 73 de variations de la température ambiante. La courbe 53 de refroidissement du moteur peut donc couper en 71 ou 72 à des instants différents, la courbe d'évolution 70 ou 73 de la température ambiante, instants t_{f1} ou t_{f2} qui déterminent l'arrêt de la surveillance thermique.

Le microcontrôleur 40 active ses sorties OUT1, OUT2 par des fronts montants 54, directement au moment t_1 de requête 52 ou avec un retard 55 dû au programme de contrôle thermique selon des critères pré-enregistrés notamment dans le programme de pilotage de l'actionneur.

A partir de l'instant t_f (voir (d) de la figure 7), la température du moteur T_m est considérée comme égale à la température ambiante T_a . Le microcontrôleur 40 compare en permanence le contenu de l'adresse précitée de sa mémoire de travail dans laquelle est enregistrée la valeur en cours de la température ambiante T_a à la valeur calculée T de la température moteur sur la base de la relation (1') précitée. Quand les deux valeurs T_m et T_a sont égales, à la précision de calcul près, le microcontrôleur 40 décide alors de mettre sa sortie OUT à "0", ce qui a pour effet de faire retomber la sortie 44 de la porte OU 45 à "0". De ce fait, la borne 43 de l'interrupteur commandé 42 n'étant plus alimentée, l'interrupteur commandé 42 étant du type monostable, il s'ouvre coupant l'alimentation +BAT du circuit régulateur 41 et donc du microcontrôleur.

Si à une date ultérieure t_2 , qui peut être très éloignée de la date t_f , la ligne +APC change à nouveau d'état pour demander de la puissance motrice au moteur 1, sa température T_m étant redevenue égale à la température ambiante T_a , la première entrée 46 de la porte OU 45 repasse à "1" ce qui entraîne le changement d'état de la sortie 45. Ce changement d'état fer-

me l'interrupteur commandé 42 qui active le circuit régulateur 41 qui démarre l'alimentation du microcontrôleur 40. Le programme de surveillance thermique enregistré dans le microcontrôleur 40 démarre, en mettant la sortie OUT au niveau haut (front 57). D'autre part, le programme du contrôleur thermique exécute sa partie de gestion électrique de l'alimentation OUT1, OUT2 du moteur électrique 1 en mettant ces deux sorties à des états hauts convenables (fronts montants 58 directs ou 59 retardés selon le programme de pilotage de l'actionneur).

La température du moteur T_m prend alors une courbe ascendante 60 ((d) de la figure 7) à cause du fait qu'un courant circule dans ses enroulements. On passe dans l'autre phase de contrôle thermique du moteur électrique alimenté qui sera décrite ci après.

L'inventeur a mené une analyse thermique des phénomènes relatifs à l'échauffement et a montré que l'analyse ci-après était vérifiée par des mesures simples.

Quand le moteur électrique est alimenté par une source de tension, par exemple par les sorties programmées OUT1 et OUT2 d'un microcontrôleur comme le microcontrôleur 40 de la figure 6, la source principale génératrice de chaleur interne au moteur électrique dégage une puissance électrique de la forme :

$$P_g = Z.(I_{eff})^2 \quad (2)$$

où Z est un paramètre analogue au module de l'impédance équivalente du moteur (partie dissipatrice de chaleur) et (I_{eff}) est l'intensité efficace du moteur électrique.

L'environnement joue le rôle d'un milieu dissipatif de chaleur. Sa puissance de dissipation sera de la forme :

$$Q_d = M.c.dT + Q_0 \quad (3)$$

où M est la masse équivalente susceptible d'absorber de la chaleur, c est la chaleur spécifique par unité de masse et dT est l'élévation de température de la masse M pendant une unité de temps et Q_0 est la puissance dissipable par l'environnement des enroulements avant leur élévation de température dT . La puissance dissipable Q_0 est exprimée par une relation :

$$Q_0 = R.(T_m - T_a) \quad (4)$$

où R est un coefficient radiatif, et T_m et T_a ont déjà été explicités.

On sait que l'on peut évaluer les deux quantités puisque le système constitué par le moteur et son environnement est un système fermé :

$$Z.(I_{eff})^2 = M.c.dT + Q_0 \quad (5)$$

On voit donc que la valeur dT peut augmenter plus ou moins vite en fonction de la valeur efficace du courant.

On remarque que pour $dT = 0$, qui correspond à l'équilibre thermique du système (voir figure 2), on trouve un courant d'équilibre I_1 donné par la relation :

$$(I_1)^2 = Q_0 / Z \quad (6)$$

Dans le microcontrôleur de l'invention, un circuit calcule la valeur instantanée $T_m(n)$ de la température moteur, en tenant compte du fait que pendant une durée s correspondant à l'échantillonnage réalisé naturellement par le programme enregistré dans le microcontrôleur on a :

$$dT = (T_m(n) - T_m(n-1)) / s \quad (7)$$

où on a défini la date t par la relation :

$$t = t_0 + n.s \quad (8)$$

En remplaçant dans la relation (5), il vient :

$$Z.(I_{eff})^2 = M.c.(T_m(n) - T_m(n-1)) / s + R.(T_m(n) - T_a) \quad (9)$$

qui permet de calculer de manière générale la valeur instantanée $T_m(n)$ en fonction de la valeur précédente, de la valeur efficace du courant et de la température ambiante à l'instant n :

$$T_m(n) = (B.T_m(n-1) + R.T_a - Z.(I_{eff})^2) / B \quad (10)$$

avec $B = M.c / s$.

Les valeurs B , s , R et Z sont enregistrées et/ou connues au préalable. Les valeurs T_a et I_{eff} sont calculées sur des périodes données, qui peuvent être différentes de la période s . La valeur $T_m(n-1)$ correspond à la valeur précédente de la température moteur enregistrée dans la mémoire de travail.

Lors de l'initialisation de la partie 111 de contrôle thermique du moteur électrique alimenté, la valeur $T_m(n-1)$ est en fait constituée par la valeur de redémarrage définie précédemment lors de la phase de refroidissement exécutée par la partie 110 de calcul de la valeur de redémarrage T_{redem} dite aussi partie 110 de surveillance thermique de refroidissement. La température T_{redem} est égale à la température de refroidissement du moteur.

Si la période de refroidissement a été suffisamment longue, la température de redémarrage T_{redem} est, on le sait, égale à la température ambiante (voir figure 3).

Avant que la température de redémarrage soit égale à T_a , elle est calculée par l'un des modes de réalisation des figures 4 à 6.

A la figure 9, on a représenté un mode de réalisation d'un tel microcontrôleur 70 qui peut être complété autant que de besoin par l'un ou l'autre des circuits 110 déjà décrits dans les modes de réalisation des figures 4 à 6.

Le microcontrôleur 70 comporte un circuit de pilotage 71 qui exécute un programme de pilotage, non directement concerné par l'invention, de façon à produire un signal de pilotage 72 d'un circuit de puissance 73 qui comporte deux sorties OUT1 et OUT2 déjà décrites précédemment et aux bornes desquelles est connecté le moteur électrique 1.

Le circuit de contrôle thermique de l'invention comporte au moins une mémoire de travail 95 dans des adresses de laquelle sont inscrites :

- la valeur T_{max} du maximum admissible pour la température du moteur T_m ;

- la valeur de la température moteur $T_m(n-1)$ à l'instant précédent ;
- les valeurs pré-établies B, Z et R décrites avec la relation (10) ci-dessus.

Le circuit de contrôle thermique comporte un circuit 75 de calcul de la valeur efficace du courant moteur 1.

Dans un mode de réalisation non représenté, ce circuit de calcul de la valeur efficace du courant moteur comporte un moyen de mesure du courant instantané traversant les enroulements du moteur 1. La sortie du moyen de mesure du courant est transmise à un intégrateur de la valeur quadratique de ce signal de mesure sur une période de temps prédéterminée (par exemple de trente secondes).

Dans un autre mode de réalisation, la valeur efficace est directement dérivée par une table de correspondance préenregistrée dans le circuit 75 dont les adresses sont sélectionnées par une entrée 74 connectée à la sortie 72 du circuit de pilotage et qui exploite la valeur du signal de pilotage fournie au circuit de pilotage 73.

La sortie 76 du circuit 75 est connectée à une entrée d'un circuit 86A de calcul de la valeur instantanée $T_m(n)$ de la température moteur en utilisant la relation (10). Ce circuit comporte des entrées 120 connectées à des adresses de la mémoire de travail 95 pour fournir les valeurs $T_m(n-1)$, B, R et Z, déjà explicitées.

D'autre part, le circuit 86A reçoit la valeur en cours T_a produite par un circuit 80 de la température ambiante T_a .

D'autre part, le circuit 111 comporte une horloge 115 qui émet un signal s correspondant ou représentatif de la durée d'évolution de la température dT déjà explicitée dans la relation 10 mise en oeuvre dans le circuit 86A.

Le circuit 86A comporte une sortie 92 qui produit une valeur numérique $T_m(n)$ de la température moteur instantanée calculée, qui est enregistrée dans une adresse correspondante de la mémoire de travail 95.

Avant l'exécution de l'étape de calcul ultérieur $n+1$, l'adresse de la mémoire 95 qui contenait la valeur précédente $T_m(n-1)$ est remise à jour par la valeur $T_m(n)$. Lors de la première exécution du calcul de $T_m(n)$, l'adresse contenant la valeur précédente $T_m(n-1)$ est remise à jour à l'aide de la valeur T_{redem} produite à une sortie 112 du circuit 110 de calcul de la valeur T_{redem} de la température de redémarrage du moteur, circuit 110 décrit précédemment.

Le circuit 80 de calcul de la valeur de la température ambiante T_a reçoit par une entrée 116 le signal de sortie d'une sonde 97 de mesure de la température ambiante. Le circuit 80 fonctionne à l'aide d'une horloge 81 dont la période peut être différente de la période s de l'horloge 115 précitée.

La sortie 85 du circuit 80 est fournie d'une part à

une entrée du circuit 110 et d'autre part à une entrée convenable Q7 du circuit 86A.

L'entrée 114 d'un comparateur 113 est connectée à la sortie 92 du circuit 86A de calcul de la température moteur instantanée $T_m(n)$. Ce comparateur présente une seconde entrée 93 connectée à une adresse de la mémoire de travail 95 dans laquelle est enregistrée préalablement la valeur T_{max} maximum admissible de la température moteur. Le comparateur 113 exécute la comparaison entre les valeurs $T_m(n)$ et T_{max} de telle sorte que sa sortie 96 génère un signal d'arrêt A transmis à une entrée convenable du circuit de pilotage 71.

Quant la température instantanée dépasse le seuil T_{max} , le programme de pilotage du circuit 71 détecte le signal d'arrêt et le traite d'une façon qui dépend de l'actionneur comme il sera vu plus loin.

A la figure 10, on a représenté un autre mode de réalisation d'un micro-contrôleur 70 selon l'invention. Les éléments semblables au mode de réalisation de la figure 9 portent les mêmes numéros de référence et ne seront pas plus décrits.

Dans le mode de réalisation de la figure 10, la sortie 76 du circuit 75 de mesure de la valeur efficace I_{eff} est fournie à une première entrée d'un comparateur 77.

La seconde entrée 79 du comparateur présente une valeur égale au courant d'équilibre I_1 fournie par un moyen de calcul 82-84 du courant d'équilibre défini selon la relation (6).

La valeur I_1 dépend de la température ambiante T_a fournie par une sortie 85 du circuit 80. Cette valeur T_a est fournie à l'entrée d'un circuit 82 générateur d'une adresse dans laquelle on doit lire dans une mémoire préenregistrée 83 la valeur d'équilibre I_1 pour la température T_a donnée.

D'autre part, le comparateur 77 comporte une sortie de comparaison 78 qui indique si le courant efficace I_{eff} est plus grand que le courant d'équilibre I_1 . Si la comparaison est positive, la température instantanée $T_m(n)$ du moteur est produite par le premier terme de la relation (9) :

$$Z.(I_{eff})^2 = M_c.(T_m(n) - T_m(n-1))/s \quad (9bis)$$

Dans le cas contraire, la température instantanée $T_m(n)$ du moteur est produite par le second terme de la relation (9) :

$$Z.(I_{eff})^2 = R.(T_m(n) - T_a) \quad (9ter)$$

La sortie 78 du comparateur 77 valide deux organes de calcul préprogrammés selon les relations 9bis et 9ter de façon à produire sur la sortie 92 la nouvelle valeur $T_m(n)$ de la température instantanée du moteur.

Le circuit 86B comporte des entrées respectivement 88, 89, 90 qui reçoivent les valeurs $T_m(n-1)$, Z et M_c ou R, enregistrées dans la mémoire de travail 95.

A la figure 11, on a représenté un mode de réalisation d'un circuit 80 de calcul de la température am-

biente Ta.

La sonde de mesure de la température ambiante comporte une thermistance 100 connectée par une première borne à une source d'alimentation positive +Vcc et par une seconde borne à une source d'alimentation négative comme la masse par l'intermédiaire d'une résistance 101. Le point commun entre la thermistance et la résistance 101 est fourni à une entrée inverseuse 106 d'un amplificateur opérationnel 103. La première borne de la thermistance est connectée par l'intermédiaire d'une résistance 102 à une entrée non inverseuse 107 de l'amplificateur 103. L'entrée non inverseuse 107 est connectée à la masse par une résistance 105 et à la sortie AN de l'amplificateur 103 par une résistance 104.

A la figure 12, on a représenté la tension de sortie V en fonction de la température ambiante Ta. Dans un exemple de réalisation on a obtenu une caractéristique sensiblement rectiligne entre 0° et 80°.

A la figure 13, on a représenté trois diagrammes de fonctionnement d'un mode de réalisation d'un microcontrôleur 70. Quand la température Tm augmente lors du fonctionnement du moteur électrique, selon la courbe 118, on atteint à l'instant t1 la température Tmax maximum admissible. Au diagramme (b), la fonction de demande de fonctionnement fournie au circuit de pilotage 71 n'est pas interrompue à cet instant. Cependant, le signal d'arrêt 96, représenté au diagramme (c) de la figure 13, passe au niveau haut "1" par un front montant. Ce signal est reçu sur l'entrée A du circuit de pilotage 71. Il est traité par le programme de pilotage de l'actionneur qui y est enregistré et qui peut par exemple interrompre l'alimentation OUT1, OUT2 du moteur 1 pour réaliser la protection thermique. Dans ce cas, la température Tm du moteur suit une pente de refroidissement 119 qui est suivie par le circuit 110 du micro-contrôleur 70. Quand la température du moteur passe par la valeur Tdem définie au préalable le micro-contrôleur 70 désactive la sortie 96 qui retombe à l'état bas "0" à l'instant t2. Le circuit 110 fournit par l'entrée 112 une valeur de redémarrage Tdem au circuit 111 et le circuit de pilotage 71 active à nouveau le circuit de puissance 73 qui alimente à nouveau OUT1, OUT2, le moteur 1. Celui-ci peut à nouveau fonctionner et sa température s'élève à nouveau selon la courbe 120 du diagramme (a) de la figure 13.

A la figure 14 on a représenté un mode de réalisation schématique d'un micro-contrôleur 70 qui permet d'exécuter un tel fonctionnement à hystérésis selon lequel, après avoir atteint la température maximum admissible Tmax, le moteur redémarre à partir d'une température inférieure Tdem.

A la figure 15 on a représenté un mode de réalisation d'un système de direction assistée des roues directrices 207, 208 d'un véhicule.

Le système de direction assistée comporte un moteur 200 alimenté par l'intermédiaire d'un micro-

contrôleur 201, incorporant la protection thermique décrite précédemment, par une source d'alimentation +APC.

Le moteur fournit sa puissance motrice par un organe d'accouplement 203 comme un pignon denté, à un organe de braquage 202 comme une crémaillère de direction.

L'organe de braquage 202 est connecté aux roues directrices 207 et 208 et reçoit aussi un couple de braquage par une colonne de direction 204 manoeuvrée par un conducteur à l'aide d'un volant 205.

Ainsi qu'il est connu, un organe 206 comme un capteur de couple produit par une sortie 209 un signal d'actionnement reçu par le contrôleur 201. La sortie 210 du contrôleur 201 active alors le moteur 200.

A la figure 16 on a représenté une partie du microcontrôleur 70 ou 201, dotée de la protection thermique 110, 111 décrite précédemment, et qui comporte aussi un moyen générateur de gradualité lors du changement d'état du signal d'arrêt 96 émis par le circuit 111 sur le circuit de pilotage 71.

Comme on l'a décrit précédemment, le microcontrôleur peut être doté du système à hystérésis 211 qui produit un signal 212 de réactivation du fonctionnement du moteur. Les signaux 96 d'arrêt et 212 de réactivation sont fournis à un circuit 213 générateur d'un coefficient de gradualité G qui est fourni à une première entrée 215 d'un multiplicateur 214. Une seconde entrée 216 du multiplicateur 214 reçoit la sortie du circuit de pilotage 217 en amont du moyen générateur de gradualité 213-216.

Le multiplicateur 214 comporte une sortie 217 connectée à l'entrée 72 du circuit 73 d'alimentation de puissance OUT1, OUT2, du moteur 1 ; 200.

A la figure 17, on a représenté un diagramme (a) du changement d'état des lignes 96 et 212 connectées au circuit 213 générateur de gradualité.

Au diagramme (b) de la figure 17, on a représenté l'évolution du coefficient G de gradualité appliqué à l'entrée 215 du multiplicateur 214.

Quand le signal d'arrêt S96 passe de "0" à "1", le coefficient de gradualité passe continûment de 100 % à 0 %, selon une rampe préprogrammée du circuit 213, à partir de l'instant t0 de transition de S96, pendant une durée s1 prédéterminée.

A partir de l'instant t0 + s1, le signal de sortie 217 fourni à l'entrée 72 du circuit de puissance 73 est nul. De ce fait le moteur n'est plus alimenté de façon graduelle et non pas de façon brutale, qui, dans le cas d'un actionneur comme celui d'un système de direction assistée, serait générateur d'un choc désavantageux.

Quand le signal S212 de réactivation apparaît (front descendant à l'instant t1 au diagramme (a) de la figure 17, le coefficient G de gradualité passe de 0 % à 100 % selon une rampe ascendante pré-enregistrée dans le circuit 213 générateur de gradualité, pendant une durée s2 à partir de la date t1. De ce fait, l'en-

trée 216 du multiplicateur qui n'a pas variée est appliquée graduellement à l'entrée 72 du circuit de puissance 73.

De ce fait, le moteur 1 ; 200 est graduellement remis en fonctionnement ce qui évite de même un choc à la réactivation quand la protection thermique cesse son effet.

Revendications

1. Procédé de contrôle thermique d'un moteur électrique embarqué à bord d'un véhicule, caractérisé en ce que on réalise à des instants prédéterminés et répétés selon l'état du fonctionnement du moteur électrique :

- une étape de surveillance thermique du moteur électrique non alimenté au cours de laquelle on réalise un calcul de la température instantanée ($T_m(n)$) du moteur, en tant que source de chaleur, sur la base d'une mesure de la température ambiante (T_a) de l'environnement du moteur, en tant que milieu dissipatif de la chaleur produite par le moteur, pour produire une valeur de température de redémarrage (Tredem) du moteur électrique ;
- une étape de contrôle thermique du moteur électrique alimenté par estimation d'une condition d'arrêt de l'alimentation électrique du moteur sur la base d'un autre calcul de la température instantanée du moteur ($T_m(n)$), de la mesure de la température ambiante (T_a), de ladite valeur de température de redémarrage (Tredem) et de la mesure du courant efficace (I_{eff}) traversant les enroulements du moteur (1) de façon à protéger (T_{max}) le moteur électrique et/ ou son environnement d'une élévation de température (dT) trop importante.

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'étape de surveillance thermique du moteur se prolonge pendant au moins une durée prédéterminée à partir de l'arrêt du fonctionnement du moteur électrique et en ce que l'étape de contrôle thermique du moteur électrique alimenté est activée dès la demande de mise en fonctionnement du moteur de façon à protéger le moteur électrique dès sa mise en fonctionnement.

3. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'étape de surveillance thermique et/ ou l'étape d'estimation d'une condition d'arrêt est exécutée à des instants prédéterminés et répétés.

4. Dispositif de contrôle thermique d'un moteur

électrique, caractérisé en ce qu'il comporte :

- un premier circuit (110) de calcul d'une température de redémarrage (Tredem) pendant que le moteur électrique (1) n'est pas en fonctionnement ;
- un second circuit (111) de contrôle thermique de la température instantanée ($T_m(n)$) du moteur électrique alimenté (1), qui reçoit un signal destiné à produire une valeur efficace (I_{eff}) du courant traversant les enroulements du moteur et au moins la valeur de la température de redémarrage (Tredem) quand le moteur reprend son fonctionnement, de façon à produire un signal d'arrêt (96) sur un circuit de pilotage (71) du moteur quand la dite température instantanée ($T_m(n)$) a atteint une valeur maximale (T_{max}) admissible.

5. Système de direction assistée, du type comportant un moteur électrique générateur d'une énergie mécanique d'assistance de braquage, caractérisé en ce qu'il comporte un dispositif de contrôle thermique selon la revendication 4, et en ce qu'il comporte un circuit de pilotage doté d'un moyen générateur d'une gradualité dans l'arrêt et/ ou la remise en marche dudit système de direction assistée.

6. Système selon la revendication précédente, caractérisé en ce que le circuit (110) de surveillance thermique du moteur électrique non alimenté est activé pendant une durée prédéterminée à partir de l'arrêt du fonctionnement du moteur électrique et en ce que le circuit (111) de contrôle thermique du moteur alimenté est activé dès la demande de mise en fonctionnement du moteur de façon à protéger le moteur électrique dès sa mise en fonctionnement.

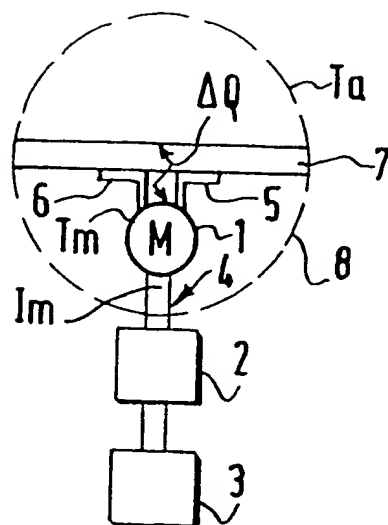


FIG.1

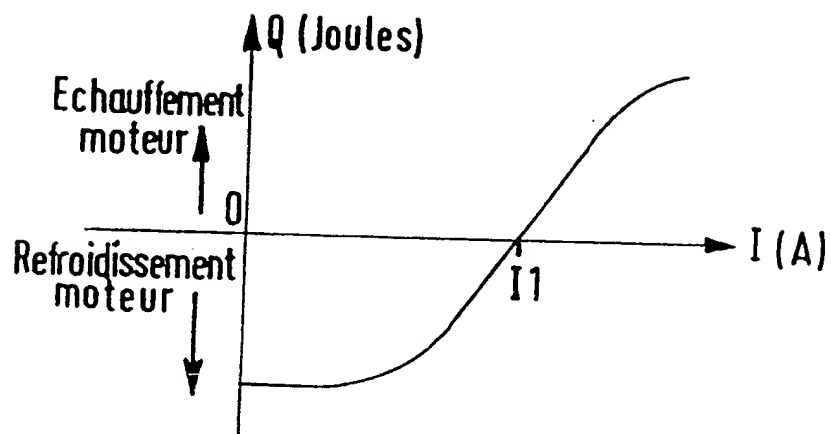


FIG.2

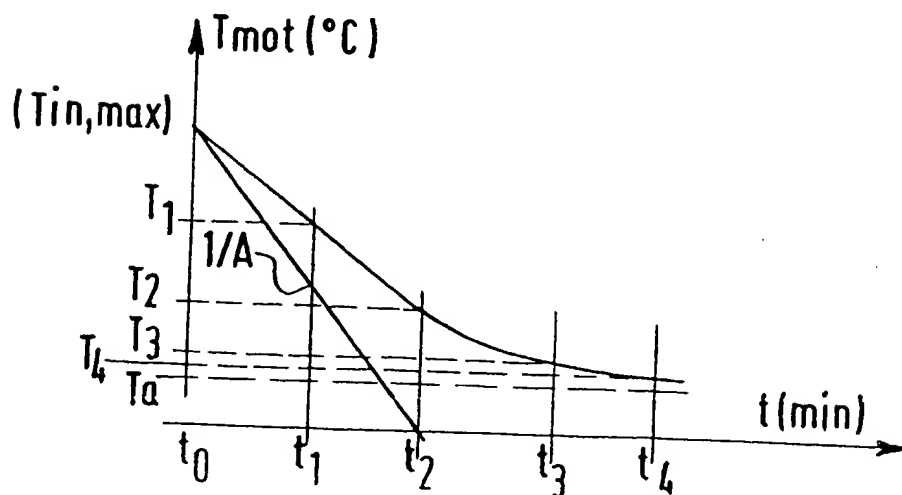


FIG.3

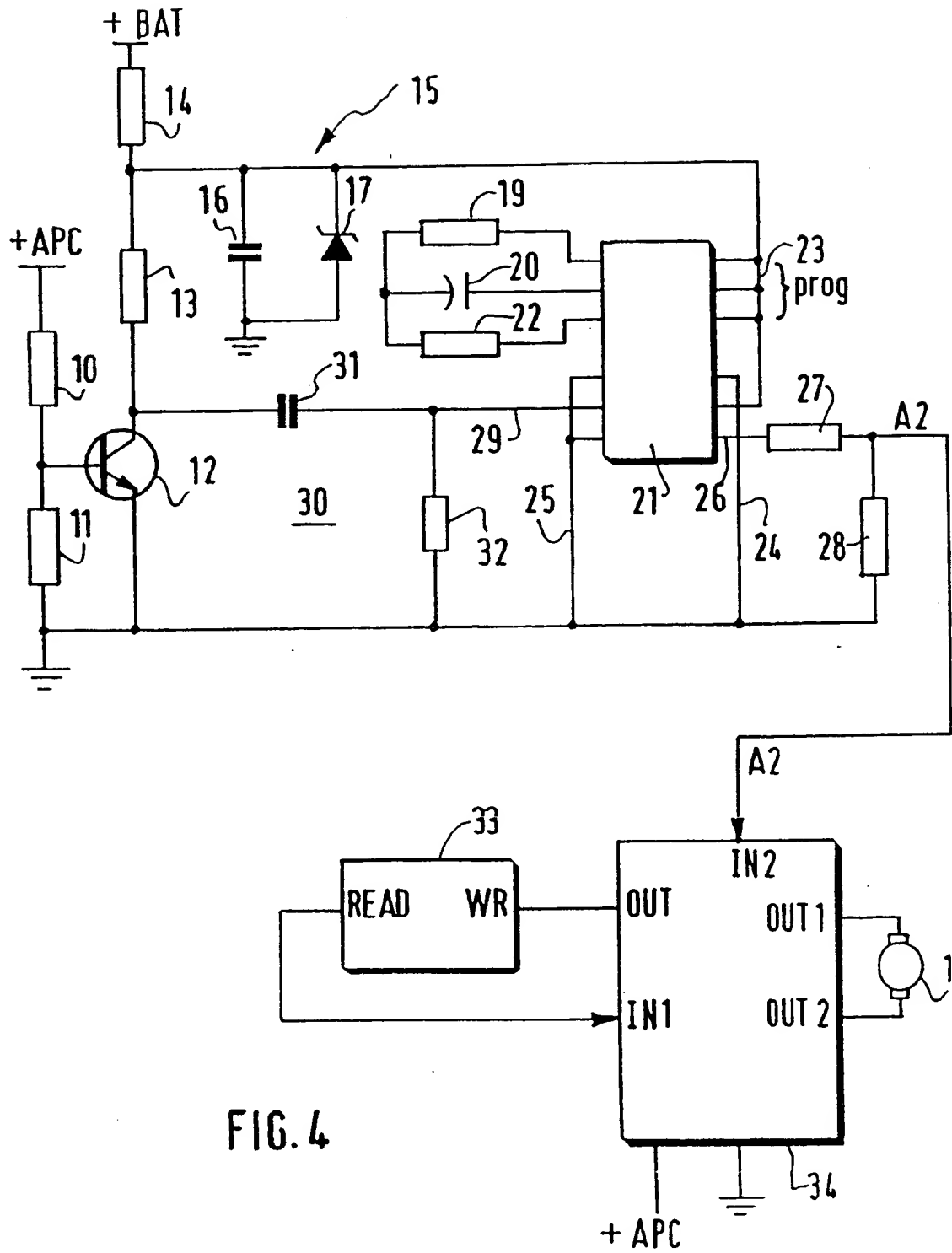
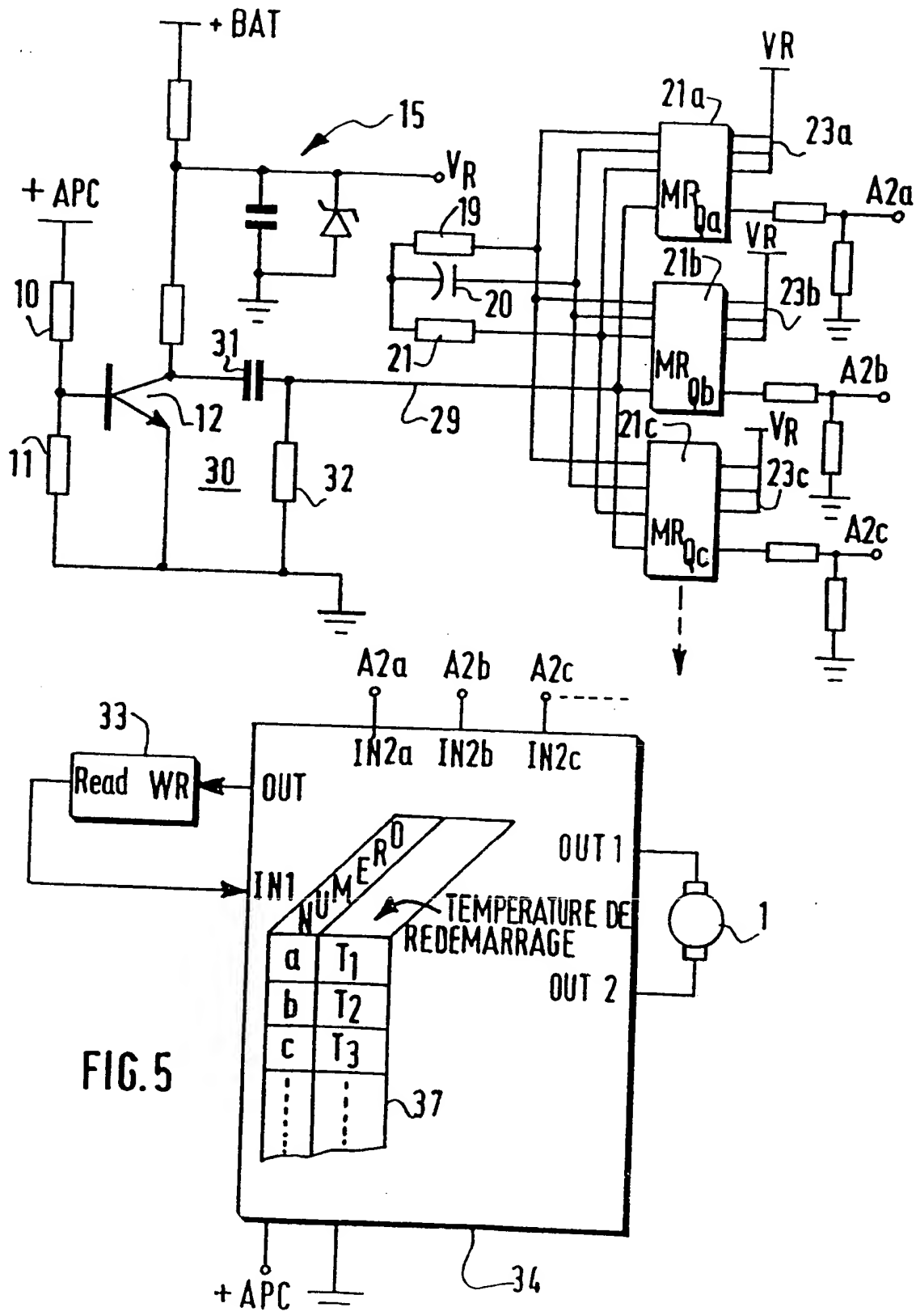


FIG. 4



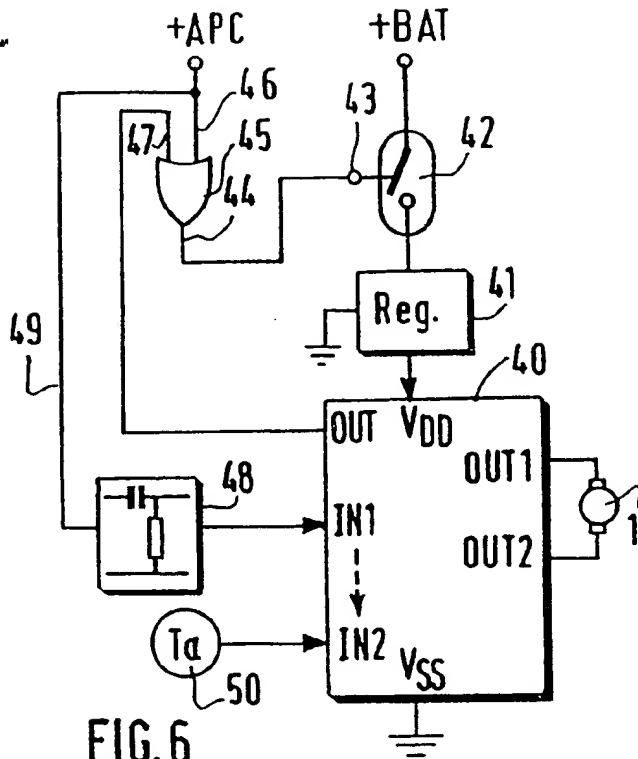


FIG. 6

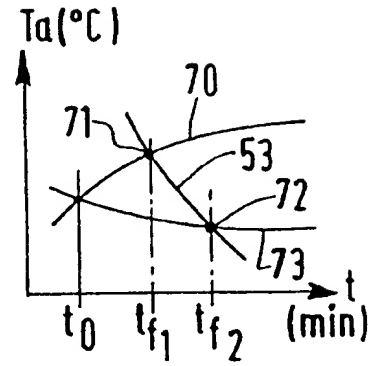


FIG. 8

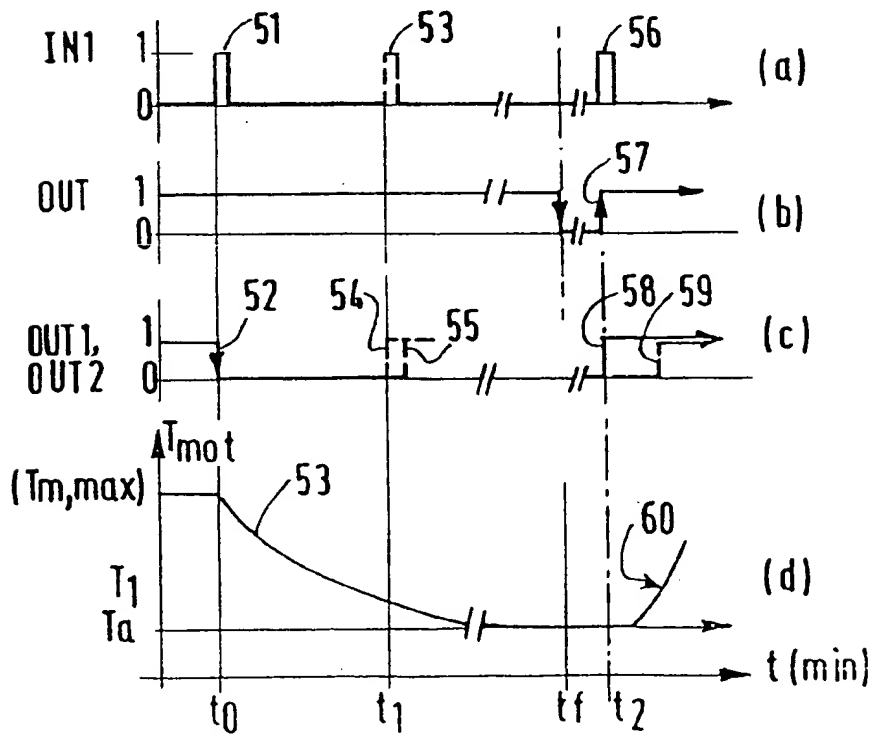


FIG. 7

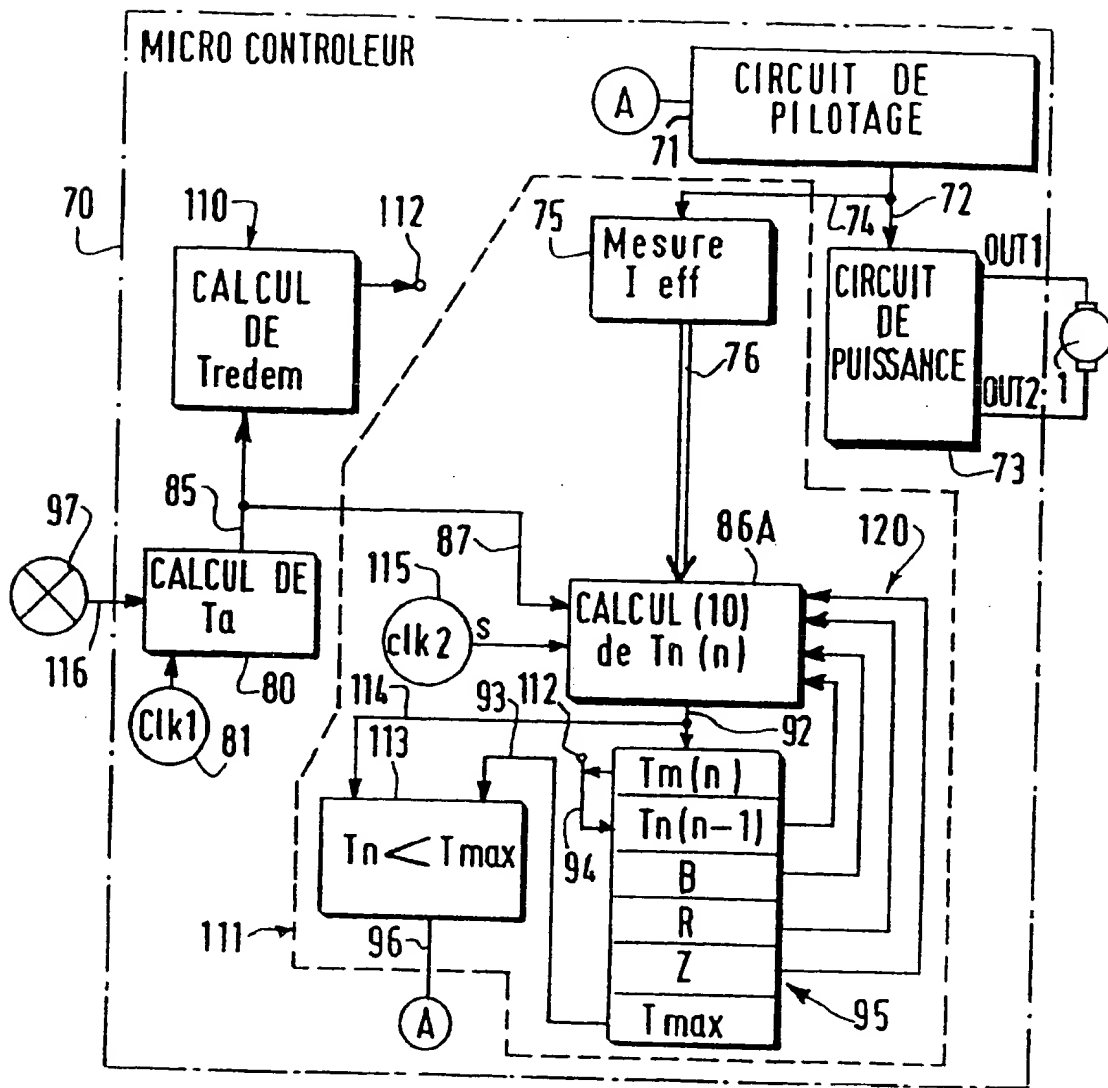


FIG.9

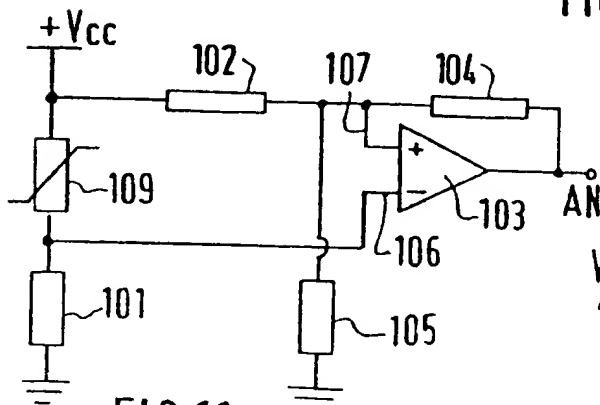


FIG.11

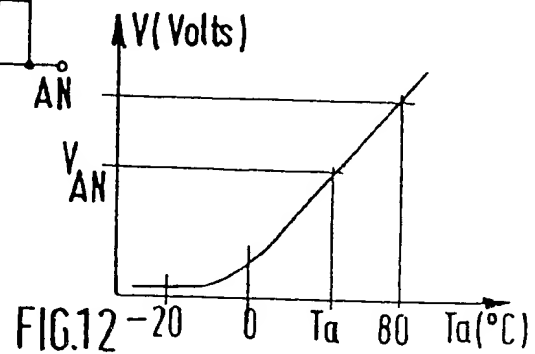


FIG.12

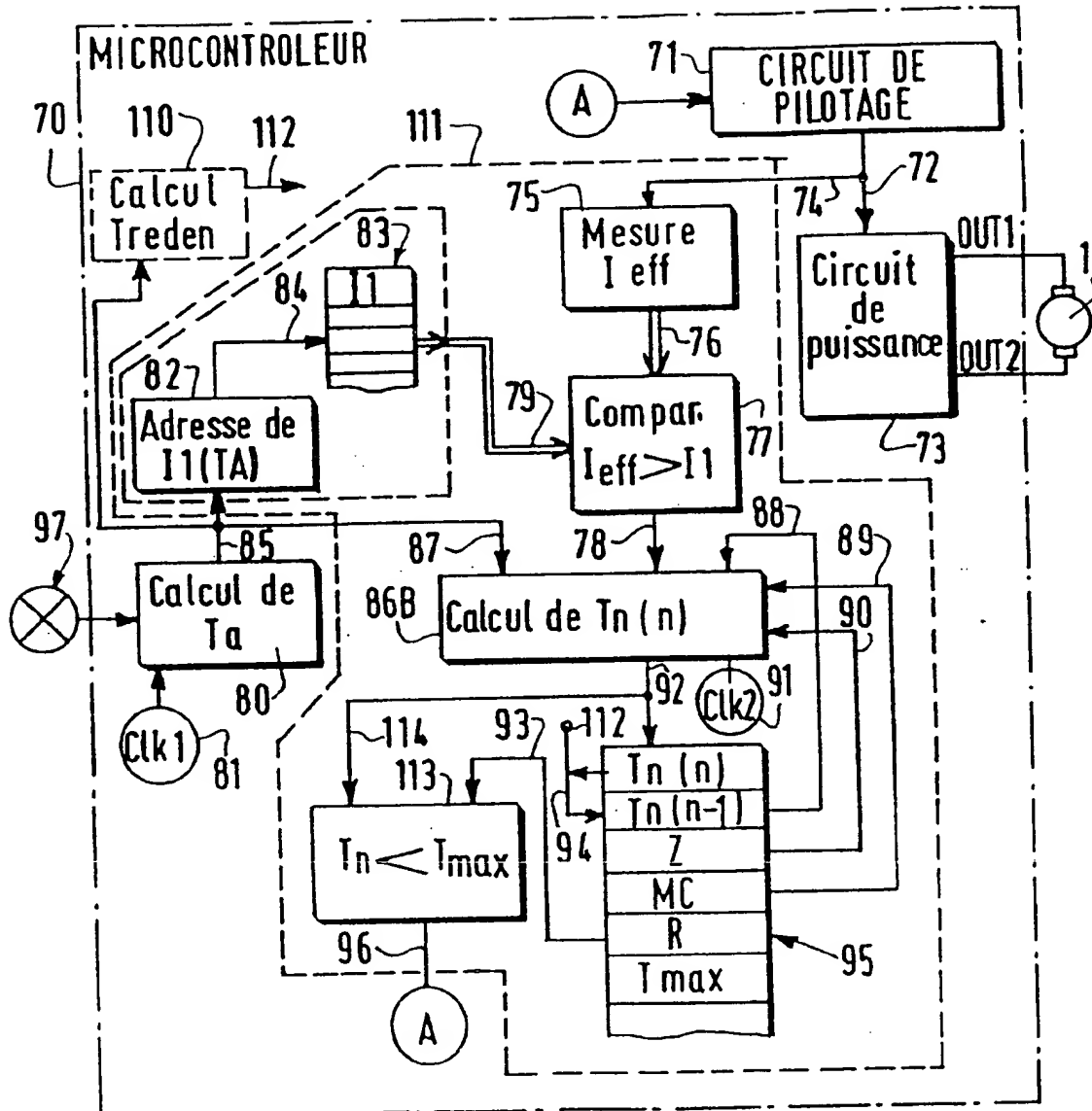


FIG.10

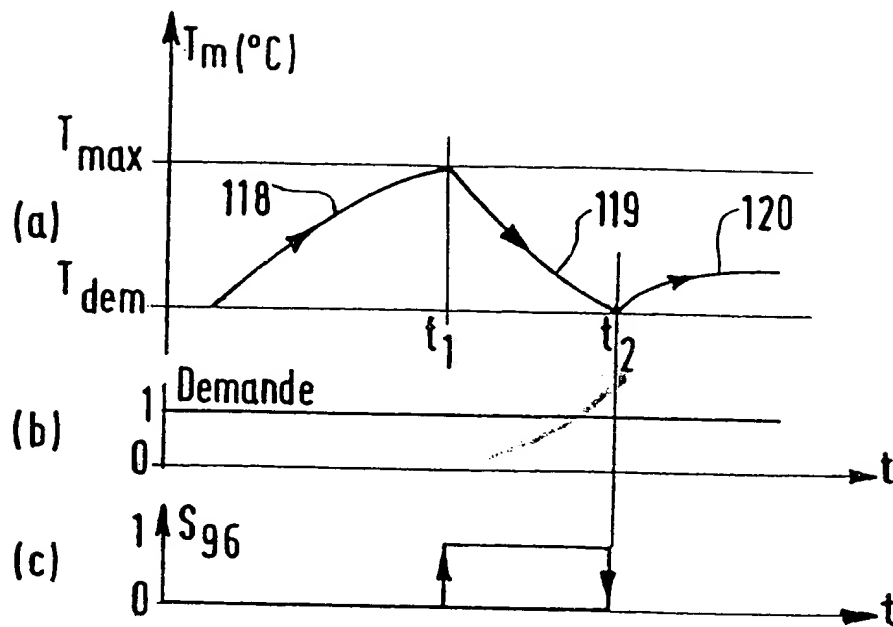


FIG.13

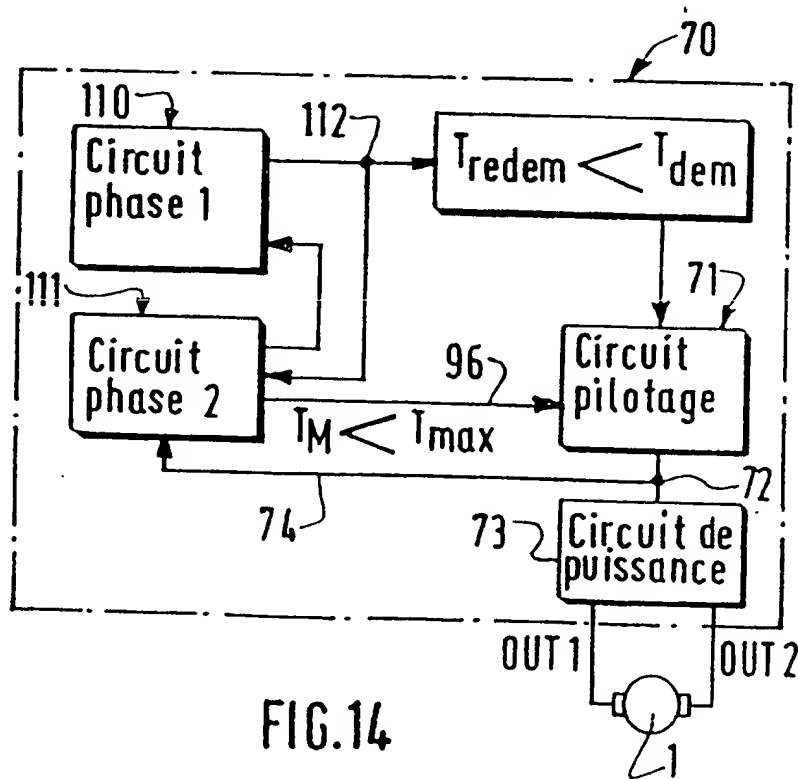


FIG.14

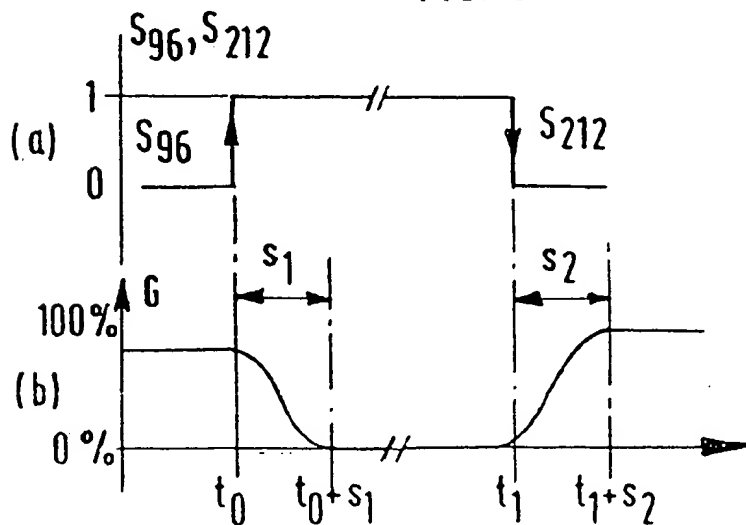
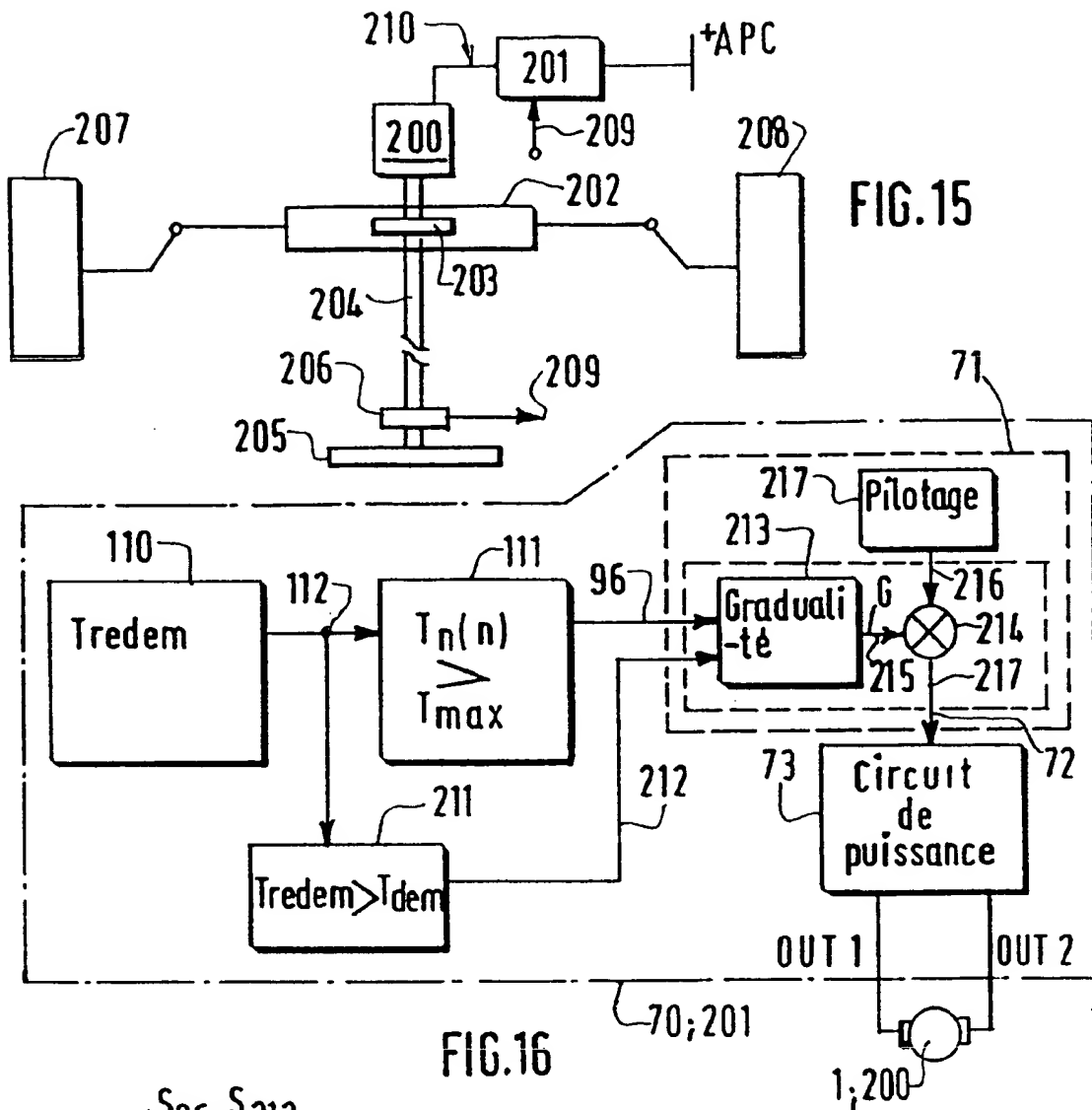


FIG. 17



Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numero de la demande

EP 93 40 0002

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int. Cl.5)
Y	FR-A-2 277 513 (BBC) * page 4, ligne 3 - ligne 32; figures * ---	1,4	H02H6/00 H02H7/08
Y	ENERGY & AUTOMATION (SIEMENS) PRODUCT NEWS STANDARD PRODUCTS vol. 13, no. 1, 1 Janvier 1991, BERLIN, DE ARMIN FISCHER ET AL. 'Digital Motor Protection with New Thermal Replica of the Rotor Circuit' * page 23, colonne de droite, alinéa 1; figure B * ---	1,4	
Y	EP-A-0 214 025 (LA TELEMECANIQUE ELECTRIQUE) * page 5, ligne 26 - ligne 32 * * page 7, ligne 23 - page 8, ligne 3; figures * ---	1,4	
A	DE-A-4 030 475 (SEIKOSHA) * abrégé; figures * -----	1,4	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl.5)
			H02H
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche BERLIN		Date d'achèvement de la recherche 13 AVRIL 1993	Examinateur KEMPEN P.
<p>CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES</p> <p>X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document Intercalaire</p> <p>T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant</p>			

EPO FORM L500 01.92 (P0402)